УДК 621.318.38

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ АКТИВАТОРОМ ПРИ РАБОТЕ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

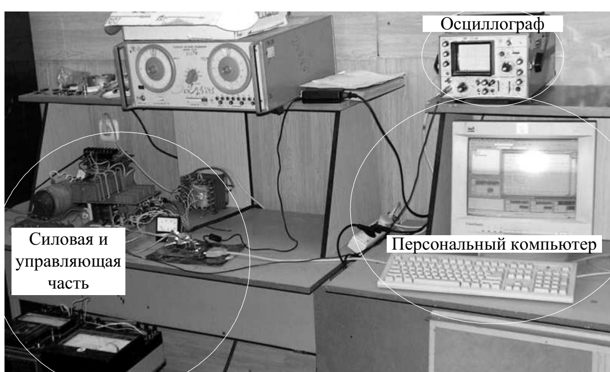
Р.Ф. Бекишев, А.С. Глазырин, П.А. Карагодин, С.В. Цурпал, Д.В. Шелестюк

Томский политехнический университет
E-mail: EPATPU@mail2000.ru

Проведено исследование работы системы управления вибрационным электромагнитным активатором на воздухе и в воде. На основании анализа опытных данных выбран оптимальный закон управления для построения поисковой адаптивной системы.

В ОАО НПФ "Геофит" ВНК и Томском политехническом университете разработан не имеющий аналогов метод виброструйной магнитной активации (ВСМА) высоковязких жидкостей, в том числе нефти, с помощью резонансно-колебательных электромеханических преобразователей, в дальнейшем называемых вибрационными электромагнитными активаторами (ВЭМА).

ВЭМА часто работает с различными жидкостями или же их свойства меняются в процессе обработки [1], следовательно, является целесообразным применение системы автоматического управления ВЭМА (САУ ВЭМА), которая будет регулировать амплитуду и частоту тока катушек ВЭМА таким образом, чтобы колебания якоря происходили в резонансном режиме с максимально возможной амплитудой.



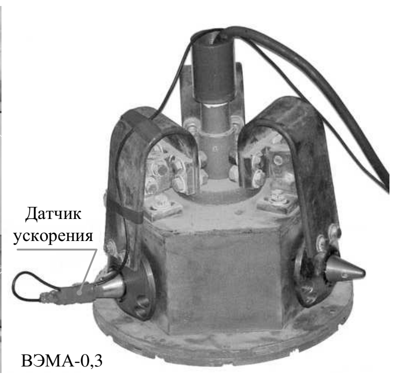




Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки САУ ВЭМА

Для снятия зависимостей электрических, механических и электромагнитных координат от рабочей частоты на кафедре электропривода и электрооборудования ТПУ разработана экспериментальная установка, состоящая из объекта управления (ВЭМА-0,3), силовой части [2], управляющей части (плата eZdsp F2812), персонального компьютера и осциллографа. Внешний вид экспериментальной установки показан на рис. 1.

Экспериментальные данные представляют собой зависимости таких рабочих координат от рабочей частоты преобразователя частоты (ПЧ) как:

- действующее значение ускорения a, скорости v и смещения x якоря; токов дросселя и катушек $i_{1д}$, $i_{кд}$;
- действующее потокосцепление катушек $\Psi_{кд}$;
- среднее значение напряжения накопителя $U_{накср}$ и конденсатора сброса $U_{кссp}$;
- максимальное значение напряжения конденсатора сброса $U_{ксмакс}$;
- потребляемая активная мощность $P_{сети}$;
- коэффициент мощности $\cos\varphi$;
- время сброса тока τ_i.

Процедура снятия зависимостей заключается в следующем: сигналы с датчиков усиливаются по мощности, сдвигаются относительно нулевой точки и подаются на АЦП. Затем находятся действующие, средние и максимальные значения интересующих координат, которые пропускаются через экспоненциальный фильтр 2-ого порядка [3]. Далее из полученных графиков определяют резонансные частоты, ширину полос пропускания, экстремальные значения координат и другие данные. По этим данным можно в процессе работы устройства автоматически определять параметры рабочей среды.

С помощью разработанной экспериментальной установки были получены зависимости рабочих координат от рабочей частоты ПЧ при работе в воде и на воздухе. Из законов стабилизации практический интерес представляют:

- действующие значения потокосцепления катушек $\Psi_{кд}$=const, тока катушек $i_{кд}$=const, смещение активатора $x_д$=const;
- максимальное значение напряжения на конденсаторе сброса $U_{кс\ max}$=const.

В связи с тем, что при стабилизации действующего смещения на нерезонансных частотах наблюдается превышение допустимых значений токов и напряжений, применялись законы стабилизации: $\Psi_{кд}$=const, $i_{кд}$=const, $U_{кс\ max}$=const. Зависимости координат в относительных единицах при работе активатора на воздухе для $\Psi_{кд}$=const приведены на рис. 2–4.

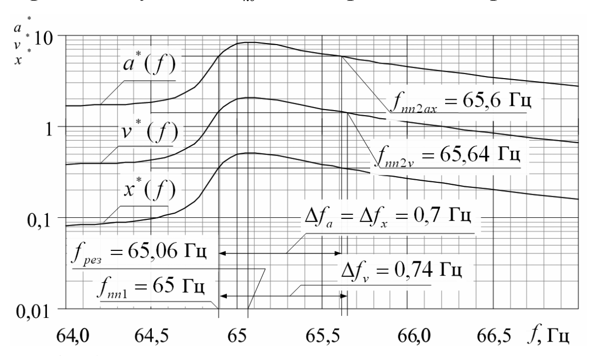


Рис. 2. Зависимости относительных механических координат от частоты в околорезонансной области

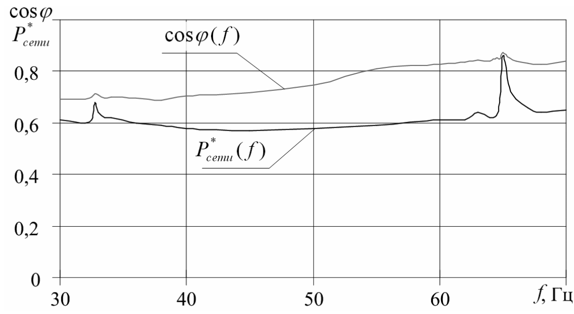


Рис. 3. Зависимости относительных энергетических координат от частоты

Базовые значения координат сведены в табл. 1.

Таблица 1. *Базовые значения координат*

Среда	a, м/с²	v, м/с	x, м	$i_{1д}$, А	$i_{кд}$, А	$U_{накср}$, В	$U_{кссp}$, В	$U_{ксмакс}$, В	$P_{сети}$, Вт	$\Psi_{кд}$, Вб	τ_i, с
Воздух	100	1	0,01	2,0	2	100	500	1000	100	1	0,02
Вода	100	1	0,01	2,5	2	50	500	200	200	1	0,01

Зависимости координат в относительных единицах при работе активатора в воде для закона стабилизации $\Psi_{кд}$=const приведены на рис. 5–7.

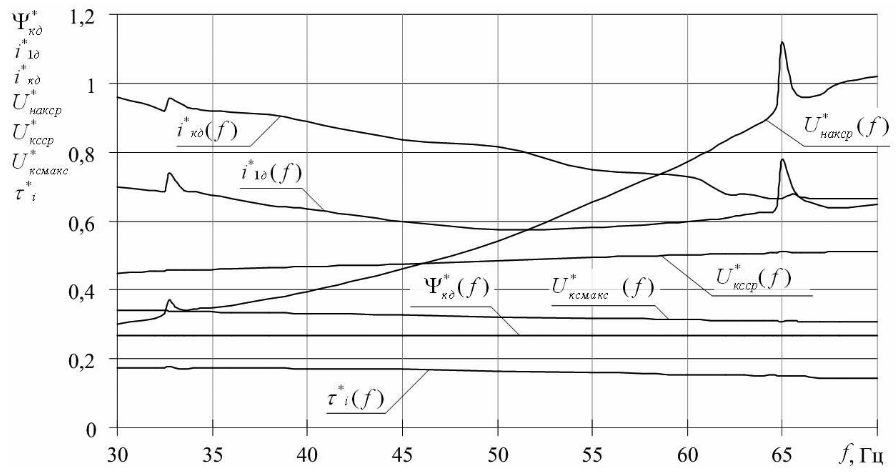


Рис. 4. *Зависимости относительных электрических, электромагнитных и временных координат от частоты*

Для обеспечения возможности построения поисковой адаптивной САУ ВЭМА и автоматической настройки на резонанс закон стабилизации промежуточной координаты должен выбираться согласно следующим критериям:

1. Монотонность характера графиков зависимостей, по которым осуществляется принятие решений о направлении шага поиска.
2. Наибольшая эффективность закона для стабилизации действующей вынуждающей электромагнитной силы.
3. Наименьшая зависимость ширины полосы пропускания от параметров рабочей среды.
4. Симметричность резонансного пика относительно резонансной частоты.
5. Наименьшее отношение амплитуды побочного резонанса к амплитуде основного.

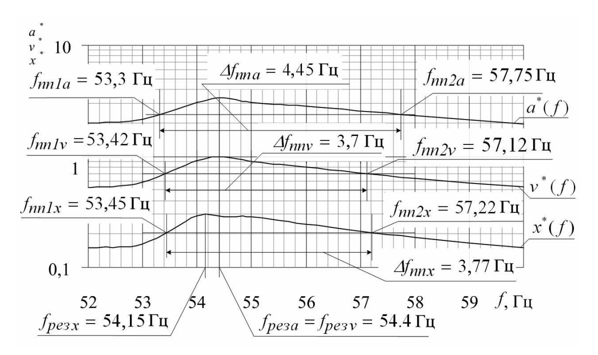


Рис. 5. *Зависимости относительных механических координат от частоты*

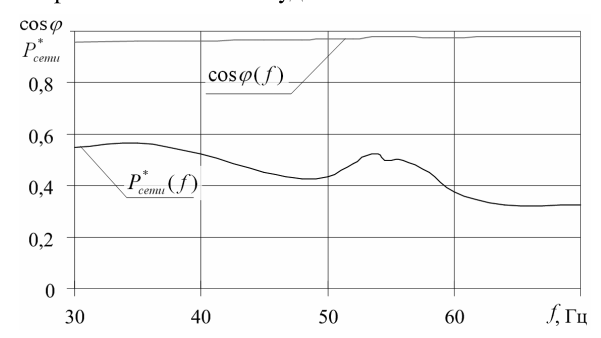


Рис. 6. *Зависимости относительных энергетических координат от частоты*

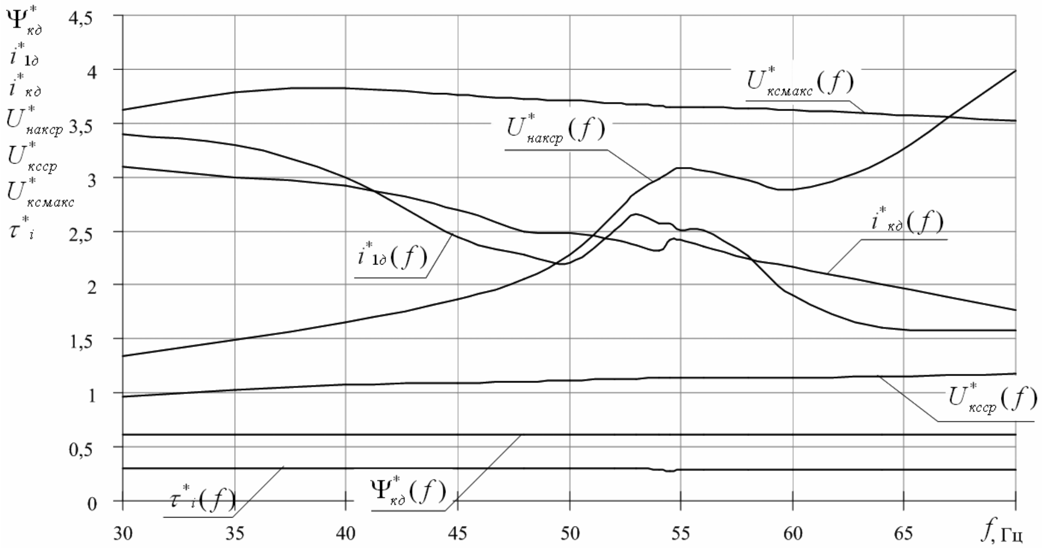


Рис. 7. *Зависимости относительных электрических, электромагнитных и временных координат от частоты*

Первому критерию при работе на воздухе удовлетворяют все три закона стабилизации. Однако при работе в воде только два из них (постоянство действующего потокосцепления и максимального напряжения на конденсаторе сброса) обеспечивают необходимую однозначность при настройке с начальной частоты, лежащей выше основного резонанса. Для закона стабилизации максимального значения напряжения на конденсаторе сброса имеются два близко расположенных резонансных пика, что сказывается на эффективности использования резонанса, в отличие от закона стабилизации действующего значения потокосцепления, при котором резонансный пик только один. Следовательно, первому критерию лучше удовлетворяет закон стабилизации действующего значения потокосцепления.

Второму критерию также предпочтительнее закон стабилизации потокосцепления. Менее эффективен закон стабилизации максимального напряжения на конденсаторе сброса.

Для оценки законов стабилизации по третьему критерию определим отношение среднего значения полос пропускания механических координат при работе в воде к среднему значению полос пропускания при работе на воздухе. В результате проведенных расчётов наименьшее отношение наблюдается при использовании закона стабилизации действующего потокосцепления.

Четвёртый критерий можно рассматривать как критерий линейности системы – чем более система приближается к линейной, тем более симметричен резонансный пик относительно резонансной частоты. Сделать однозначный вывод по этому критерию не представляется возможным, поскольку в случае работы на воздухе наибольшая симметрия наблюдается при законе стабилизации максимального напряжения на конденсаторе сброса, а в случае работы в воде – действующего тока катушек. При законе стабилизации действующего потокосцепления резонансные пики в обеих средах несимметричны.

Пятый критерий применяется только при работе активатора на воздухе, по причине отсутствия побочных резонансов при работе в воде. Данному критерию лучше соответствуют законы стабилизации действующего значения тока катушек и максимального значения напряжения на конденсаторе сброса.

Принимая во внимание степень важности критериев, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим для построения адаптивной поисковой системы автоматической настройки на резонанс является закон стабилизации действующего значения потокосцепления катушек ВЭМА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвитин А.И. Электрические машины возвратно-поступательного движения. Электрические молотки, вибраторы, быстроходный электромагнитный привод. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 144 с.
2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с.
3. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.: ил.

УДК 621.318.38